

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-076518

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/323

H01L 21/205

(21)Application number : 2000-260722

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 30.08.2000

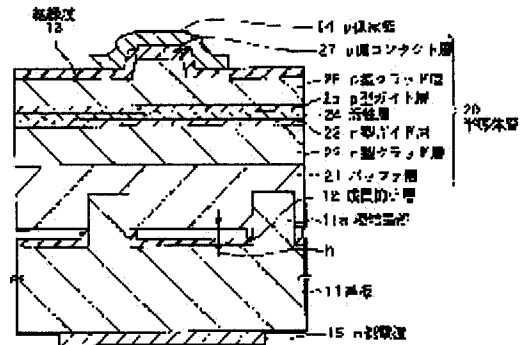
(72)Inventor : TAKEYA MOTONOBU

(54) SEMICONDUCTOR LASER, SEMICONDUCTOR DEVICE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser, a semiconductor device and a production method therefor, with which a dislocation density is reduced and the characteristics of the device can be improved.

SOLUTION: A semiconductor layer 20 composed of a nitride III-V compound semiconductor is laminated on a substrate 11 composed of n-type GaN. On the substrate 11, a projecting species crystal part 11a is formed and a growth suppressing layer 12 having an opening is provided corresponding to the species crystal part 11a. The semiconductor layer 20 is grown on the basis of the species crystal part 11a and has the lateral growing area of low dislocation density. When the current injecting area of an active layer 24 is provided corresponding to this lateral growing area, light emission efficiency can be improved. Further, when the growth suppressing layer 12 has an ability for reflecting or absorbing light generated on the semiconductor layer 20, the entrance of light leaked from the side of the substrate 11 or stray light can be prevented and the generation of noise can be suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-76518
(P2002-76518A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマート* (参考)

H01S 5/323

H01S 5/323

5 F 0 4 3

H0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-260722(P2000-260722)

(22) 出願日 平成12年8月30日(2000.8.30)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 發明者 竹谷 元伸

宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソニ

一白石セミコンダクタ株式会社内

(74) 代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

Fターム(参考) 5F045 AA04 AB14 AB17 AC08 AC12

AC19 AF04 AF14 BB12 CA12

DA53 DB02 DB04

5F073 AA11 AA13 AA45 AA51 AA83

CA07 DA05 DA07 DA25 DA35

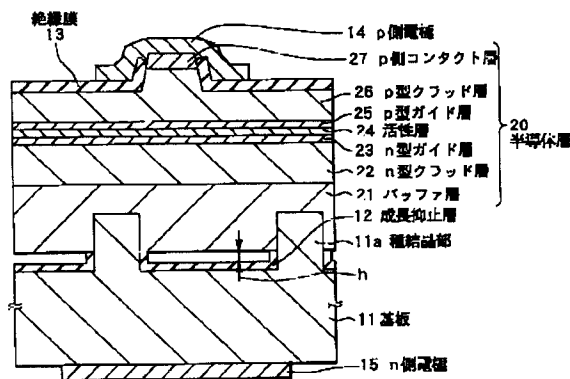
EA27 EA29

(54)【発明の名称】 半導体レーザおよび半導体素子並びにそれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 転位密度を低減し、素子の特性を向上させることができる半導体レーザおよび半導体素子並びにそれらの製造方法を提供する。

【解決手段】 n型Ga₂Nよりなる基板11に窒化物系III-V族化合物半導体よりなる半導体層20が積層されている。基板11には突状の種結晶部11aが形成されると共に、種結晶部11aに対応して開口を有する成長抑止層12が設けられている。半導体層20は種結晶部11aを基礎として成長し、転位密度が低い横方向成長領域を有している。この横方向成長領域に対応して活性層24の電流注入領域を設けるようにすれば、発光効率を向上させることができる。また、成長抑止層12に半導体層20で発生した光を反射または吸収する機能を持たせるようにすれば、基板11側からの光の漏れおよび迷光の進入を防止することができ、ノイズの発生を抑制することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなり、突状の種結晶部を有する基板と、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなり、前記種結晶部を基礎として成長し、前記基板に積層された半導体層と、前記基板と前記半導体層との間に設けられ、前記種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記半導体層と前記成長抑止層との間に間隙を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記成長抑止層は、前記半導体層で発生した光を反射または吸収する機能を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記半導体層は、活性層を有すると共に、前記半導体層の積層方向とは異なる方向に成長することにより形成された横方向成長領域を含み、前記活性層は、前記横方向成長領域に対応して電流が注入される電流注入領域を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記半導体層は、前記半導体層の積層方向とは異なる方向に成長することにより形成された会合部を含み、前記活性層は、前記横方向成長領域のうち前記種結晶部と前記会合部との間の領域に対応して電流注入領域を有することを特徴とする請求項4記載の半導体レーザ。

【請求項6】 窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなり、突状の種結晶部を有する基板と、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなり、前記種結晶部を基礎として成長し、前記基板に積層された半導体層と、前記基板と前記半導体層との間に設けられ、前記種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層とを備えたことを特徴とする半導体素子。

【請求項7】 窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板に、突状の種結晶部を離間させて複数形成する工程と、基板の上に、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を形成する工程と、基板の上に、種結晶部を基礎として窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなる半導体層を成長させる工程とを含むことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 半導体層として少なくとも活性層を成長させると共に、活性層に電流が注入される電流注入領域を、種結晶部の離間領域に対応して形成することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項9】 活性層に電流が注入される電流注入領域を、種結晶部とその配列方向における離間領域の中心との間の領域に対応して形成することを特徴とする請求項

8記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板に、突状の種結晶部を離間させて複数形成する工程と、基板の上に、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を形成する工程と、基板の上に、種結晶部を基礎として窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなる半導体層を成長させる工程とを含むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板と、この基板を基礎として成長させた窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなる半導体層とを備えた半導体レーザおよび半導体素子並びにそれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】GaN、AlGa_xN混晶あるいはGaInN混晶などの窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体は、直接遷移の半導体材料であると共に、禁制帯幅が1.9 eV～6.2 eVにわたっているという特徴を有している。従って、これらの窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体は、可視領域から紫外領域までの発光を得ることができ、半導体レーザ(laser diode; LD)あるいは発光ダイオード(light emitting diode; LED)などの半導体発光素子を構成する材料として注目されている。更に、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体は、飽和電子速度および破壊電界が大きいことから、電子素子を構成する材料としても注目されている。

【0003】これらの半導体素子は、従来、サファイア(α -Al₂O₃)あるいは炭化ケイ素(SiC)などよりなる成長用基体の上に気相成長法を用いて窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体の層を成長させることにより製造されていた。しかし、サファイアあるいは炭化ケイ素と窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体とは格子不整や熱膨張係数の差が大きく、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体の層中には歪みを緩和するために転位などの格子欠陥が発生してしまっていた。このように格子欠陥が発生すると、欠陥部分が電子と正孔とが再結合しても発光しない非発光再結合の中心あるいは電流リーク箇所となってしまう、半導体素子の光学的あるいは電気的特性が損なわれてしまう。

【0004】そこで、近年においては、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板を用いることが検討されている。この窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板は、例えば、サファイアなどよりなる成長用基体の上に成長させたのち、成長用基体から分離することにより製造される。この窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物よりなる基板を用いるようにすれば、上述した問題を解決することができると共に、サファイアの基板に比べて優れた熱伝導性

を得ることができるので、駆動時に発生する熱を効果的に放散することができるという利点がある。更に、不純物を添加して導電性を持たせるようにすれば基板の裏面に電極を設けることができるので、素子の面積を小さくすることができ、高密度実装が可能となるという利点もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなる基板は、例えばサファイアなどよりなる成長用基体の上に成長させることにより製造されるので、転位密度が $1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2} \sim 1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 程度と高いという問題があった。そのため、基板の上に成長させる窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体の層についても転位密度が高くなってしまい、素子特性を向上させることができなかった。

【0006】本発明はかかる問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、転位密度を低減し、素子の特性を向上させることができる半導体レーザおよび半導体素子並びにそれらの製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなり、突状の種結晶部を有する基板と、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体よりなり、種結晶部を基礎として成長し、基板に積層された半導体層と、基板と半導体層との間に設けられ、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層とを備えたものである。

【0008】本発明による半導体素子は、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなり、突状の種結晶部を有する基板と、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体よりなり、種結晶部を基礎として成長し、基板に積層された半導体層と、基板と半導体層との間に設けられ、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層とを備えたものである。

【0009】本発明による半導体レーザの製造方法は、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなる基板に、突状の種結晶部を離間させて複数形成する工程と、基板の上に、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を形成する工程と、基板の上に、種結晶部を基礎として窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体よりなる半導体層を成長させる工程とを含むものである。

【0010】本発明による半導体素子の製造方法は、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなる基板に、突状の種結晶部を離間させて複数形成する工程と、基板の上に、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を形成する工程と、基板の上に、種結晶部を基礎として窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体よりなる半導体層を成長させる工程とを含むものである。

【0011】本発明による半導体レーザおよび半導体素子では、基板の種結晶部を基礎として半導体層が成長されているので、半導体層の転位密度が低減される。

【0012】本発明による半導体レーザの製造方法または半導体素子の製造方法では、基板に離間して複数の種結晶部が形成され、この種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層が形成されたのち、種結晶部を基礎として半導体層が成長する。よって、転位密度の低い半導体層が得られる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0014】図1は、本発明の一実施の形態に係る半導体素子としての半導体レーザの断面構造を表すものである。この半導体レーザは、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物よりなる基板10と、この基板10の一面側に積層された窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体よりなる半導体層20とを備えている。なお、ここで窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物または窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体とは、短周期型周期表における3B族元素のうちの少なくとも1種と短周期型周期表における5B族元素のうちの少なくとも1種を含む化合物または化合物半導体のことをいう。

【0015】基板11は、例えば、半導体層20の積層方向における厚さ（以下、単に厚さという。）が $250 \mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素（Si）を添加したn型GaNにより構成されている。基板11の一面側には、突状の種結晶部11aが形成されている。この種結晶部11aは、例えば、帯状に延長（図1においては紙面に対して垂直な方向に延長）され、ストライプ状に離間して複数配置されている。種結晶部11aは、例えば、基板11の{0001}面に形成されており、外1または外2に示した方向に延長されている。

【0016】

【外1】

$\langle 1\bar{1}00 \rangle$

【外2】

$\langle 11\bar{2}0 \rangle$

【0017】種結晶部11aの配列方向（延長方向に対して垂直な方向）におけるバッファ層21との境界面の幅は、例えば $1.5 \mu\text{m} \sim 6 \mu\text{m}$ の範囲内であることが好ましく、 $2 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下の範囲内であればより好ましい。幅が狭いと製造時においてバッファ層21が剥離しやすくなり、幅が広いとバッファ層21の結晶軸に揺らぎが生じやすいからである。種結晶部11aの離間距離は、例えば $9 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $10 \mu\text{m}$ 以上であればより好ましい。離間距離が短いと製造時においてマスク合わせの際などにプロセスマージンが狭くなり、生産性が低下するからである。種結晶部11aの高さは例えば $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ である。 $1 \mu\text{m}$ よりも低いと後述する成長抑止層12と半導体層20の間に

間隙を確保することが難しく、 $3\mu\text{m}$ よりも高いと半導体層20の結晶軸が揃いにくなるからである。

【0018】基板11と半導体層20の間には、種結晶部11aに対応して開口を有する成長抑止層12が設けられている。成長抑止層12は、基板11の種結晶部11aを基礎として半導体層20を成長させ、種結晶部11aの離間領域から半導体層20が成長しないようにするためのものである。成長抑止層12は、例えば誘電体により構成されており、具体的には、二酸化ケイ素(SiO_2)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、二酸化チタン(TiO_2)あるいは酸化アルミニウム(Al_2O_3)などの単層膜、またはこれらのうちの2種以上を用いた積層膜により構成される。

【0019】成長抑制層12は、また、種結晶部11aの離間領域のみでなく、種結晶部11aに沿ってその根元部分を覆い、半導体層20と成長抑制層12との間に間隙が生じるようになっていくことが好ましい。種結晶部11aを基礎として半導体層20を成長させる際に半導体層20が基板11と接触して欠陥が発生してしまうのを防止するためである。成長抑止層12の種結晶部11aに沿った立ち上がり部分の高さhは、例えば、 10nm 以上であることが好ましい。 10nm 未満では半導体層20と成長抑止層12との接触を効果的に防止することができないからである。

【0020】成長抑止層12は、更に、半導体層20において発生した光を反射または吸収する機能を有していることが好ましい。半導体層20において発生した光が基板11側から漏れるのを抑制できると共に、パッケージなどの収納されて用いられる場合に、パッケージ内で反射された迷光が基板11側から進入するのを抑制することができるからである。なお、このような機能は、上述した材料より成長抑止層12を構成しても得られる。

【0021】半導体層20は、基板11の種結晶部11aを基礎として成長されており、基板11の側からバッファ層21、n型クラッド層22、n型ガイド層23、活性層24、p型ガイド層25、p型クラッド層26およびp側コンタクト層27がこの順に積層されている。

【0022】バッファ層21は、例えば、厚さが $0.04\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素が添加されたn型Ga N により構成されている。このバッファ層21は、種結晶部11aの離間領域に対応して、種結晶部11aの側壁面を基礎として半導体層20の積層方向とは異なる方向に成長した横方向成長領域を有している。この横方向成長領域というのは、具体的には、半導体層20の積層方向に対して垂直な方向への成長成分を有する領域のことである。

【0023】この横方向成長領域は、図2に示したように、種結晶部11aからの貫通転位 M_1 が伝播しにくく、転位密度が低くなっている。これにより、バッファ層21の上に積層されているn型クラッド層22からp

側コンタクト層27までの半導体層20についても、横方向成長領域に対応する部分の転位密度が、例えば $1 \times 10^6\text{ cm}^{-2}$ 以下と低くなっている。これに対して、バッファ層21のうち種結晶部11aに対応する領域には、種結晶部11aからの貫通転位 M_1 が伝播されている。このバッファ層21は、また、横方向成長領域のほぼ中心部に積層方向とは異なる方向に成長した結晶同士が会合することにより形成された会合部Bを有しており、会合部Bには会合により発生した貫通転位 M_2 が存在している。なお、この貫通転位 M_2 は、バッファ層21の上に積層されているn型クラッド層22からp側コンタクト層27までの半導体層20に伝播されていることが多い。

【0024】n型クラッド層22は、例えば、厚さが $1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型AlGa N 混晶により構成されている。n型ガイド層23は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型Ga N により構成されている。

【0025】活性層24は、例えば、厚さが 30nm であり、組成の異なる $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ (但し、 $1 \geq x \geq 0$)混晶層を積層した多重量子井戸構造を有している。この活性層24は、電流が注入される電流注入領域を有しており、電流注入領域は発光領域として機能する。

【0026】p型ガイド層25は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウム(Mg)を添加したp型Ga N により構成されている。p型クラッド層26は、例えば、厚さが $0.8\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型AlGa N 混晶により構成されている。p側コンタクト層27は、例えば、厚さが $0.5\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型Ga N により構成されている。p側コンタクト層27およびp型クラッド層26の一部は、細い帯状(図1においては紙面に対して垂直方向に延長された帯状)とされており、電流狭窄部を構成している。

【0027】この電流狭窄部は、活性層24に電流が注入される電流注入領域を制限するためのものであり、活性層24のうち電流狭窄部に対応した部分が電流注入領域となり、発光領域となっている。従って、素子特性の劣化を防止し、向上させるためには、電流注入領域(すなわち、電流狭窄部)が転位密度の低い横方向成長領域に対応して形成されていることが好ましい。但し、結晶の会合部Bには貫通転位 M_2 (図2参照)が存在するので、種結晶部11aと会合部Bとの間の領域に対応して電流注入領域が設けられていればより好ましい。

【0028】なお、半導体層20の厚さが厚くなるに従って、貫通転位 M_1 は種結晶部11aの活性層24側の境界面における端部Cから配列方向に ΔL_1 だけ拡がって伝播する傾向にあり、貫通転位 M_2 は会合部Bから配列方向に ΔL_2 だけ拡がって伝播する傾向にある。その

ため、種結晶部11aおよび会合部Bの近傍では、貫通転位 M_1 、 M_2 が伝播してしまうおそれがある。よって、発光領域に貫通転位 M_1 、 M_2 が入り込む可能性をより低くし、十分な素子特性を得るためには、種結晶部11aの活性層24側の境界面における端部Cから配列方向に ΔL_1 以上離れ、かつ会合部Bから配列方向に ΔL_2 以上離れた領域内に対応して電流注入領域を設けるようにすることが好ましい。

【0029】ちなみに、貫通転位 M_1 、 M_2 の拡がり ΔL_1 、 ΔL_2 は半導体層20の厚さと比例関係にある。例えば、種結晶部11aの離間領域におけるバッファ層21、n型クラッド層22、n型ガイド層23、活性層24、p型ガイド層25、p型クラッド層26およびp側コンタクト層27の厚さの合計を t_1 とし、種結晶部11aのうちバッファ層21に対応する部分の厚さを t_2 とすると、貫通転位 M_1 の拡がり ΔL_1 は、 $\Delta L_1 = (t_1 - t_2) / 20$ と近似され、貫通転位 M_2 の拡がり ΔL_2 は、 $\Delta L_2 = t_1 / 20$ となる。

【0030】また、種結晶部11aの活性層24側の境界面における端部Cからの配列方向における距離および会合部Bからの配列方向における距離が、共に $0.93\mu\text{m}$ 以上である領域内に対応して注入領域を形成するようにすれば、素子特性をより一層向上させることができるので好ましい。GaN結晶中の少数キャリアの拡散長は $0.93\mu\text{m}$ であり、ここで用いる窒化物系III-V族化合物半導体の結晶中における拡散長についても同程度であると考えられるので、電流注入領域から少数キャリアが拡散する拡散領域についても転位密度を低くすることができるからである。更に、種結晶部11aから配列方向に $\Delta L_1 + 0.93(\mu\text{m})$ 以上離れ、かつ会合部Bから配列方向に $\Delta L_2 + 0.93(\mu\text{m})$ 以上離れた領域内に発光領域を設けるようにすれば、更に拡散領域における転位密度を低くすることができるので好ましい。

【0031】半導体層20の上には、例えば二酸化ケイ素(SiO_2)よりなる絶縁膜13が形成されている。この絶縁膜13にはp側コンタクト層27に対応して開口が設けられており、p側コンタクト層27の上にはp側電極14が形成されている。p側電極14は、例えばパラジウム(Pd)、白金(Pt)および金(Au)が順次積層された構造を有しており、p側コンタクト層27と電気的に接続されている。一方、基板11の他面側、すなわち半導体層20の反対側には、n側電極15が設けられている。n側電極15は、例えばチタン(Ti)およびアルミニウム(Al)を順次積層して熱処理により合金化した構造を有しており、基板11と電気的に接続されている。

【0032】また、この半導体レーザでは、例えばp側コンタクト層27の長さ方向において対向する一対の側面が共振器端面となっており、この一対の共振器端面に

図示しない一対の反射鏡膜がそれぞれ形成されている。これら一対の反射鏡膜は、一方が低反射率となり、他方が高反射率となるようにそれぞれ調整されている。これにより、活性層24において発生した光は一対の反射鏡膜の間を往復して増幅され、低反射率側の反射鏡膜からレーザビームとして出射するようになっている。

【0033】この半導体レーザは、例えば次のようにして製造することができる。

【0034】まず、図3(A)に示したように、例えば、厚さ $250\mu\text{m}$ のn型GaInよりなる基板11を用意する。なお、この基板11は、図示しないが、例えば、サファイアなどよりなる成長用基体の上にハイドライド気相成長法あるいはハライド気相成長法により成長させたのち、成長用基体と分離することにより形成することができる。ちなみに、ハイドライド気相成長法とはハイドライド(水素化物)が反応もしくは原料ガスの輸送に寄与する気相成長法のことであり、ハライド気相成長法とはハライド(ハロゲン化物)が反応もしくは原料ガスの輸送に寄与する気相成長法のことである。

【0035】次いで、基板11の上(例えば{0001}面)に、CVD(Chemical Vapor Deposition)法により、厚さ $0.3\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ の窒化ケイ素(Si_3N_4)あるいは二酸化ケイ素(SiO_2)よりなるマスク層31を形成する。なお、このマスク層31は、例えば窒化ケイ素膜と二酸化ケイ素膜との積層構造としてもよい。

【0036】続いて、図3(B)に示したように、マスク層31の上に例えば厚さ $2\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ のフォトレジスト膜32を成膜し、例えば、上述した外1または外2の方向に延長された複数のストライプ状のパターンを形成する。このフォトレジスト膜32およびマスク層31は、基板11を選択的にエッチングして種結晶部11aを形成するためのものである。フォトレジスト膜32のパターン形成を行ったのち、図3(C)に示したように、フォトレジスト膜32をマスクとして例えばウエットエッチングを行い、マスク層31を選択的に除去する。そののち、フォトレジスト膜32を除去する。

【0037】フォトレジスト膜32を除去したのち、図3(D)に示したように、例えばエッチングガスに塩素ガス(Cl_2)を用いた反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching; RIE)法により、マスク層31を利用して基板11を選択的に除去する。これにより、基板11に突状の種結晶部11aを離間させて複数形成する。

【0038】種結晶部11aを形成したのち、図4(A)に示したように、基板11の上に例えばCVD法により成長抑止層12を成膜する。成長抑止層12を成膜したのち、図4(B)に示したように、基板11の上にフォトレジスト膜33を塗布する。そののち、フォトレジスト膜33を露光し、図4(C)に示したように、

種結晶部11aの離間領域に対応する部分を残して、フォトレジスト膜33を選択的に除去する。その際、光量あるいは露光時間を調節することによりフォトレジスト膜33の膜厚を制御し、種結晶部11aに対応する成長抑止層12の表面が露出しかつ種結晶部11aの離間領域に対応する成長抑止層12の表面は露出しない程度の膜厚、例えば1 μ m未満の膜厚でフォトレジスト膜33が残るようにする。

【0039】フォトレジスト膜33を選択的に除去したのち、図5(A)に示したように、フォトレジスト膜33をマスクとして例えばウェットエッチングを行い、成長抑止層12を選択的に除去すると共に、マスク層31を除去する。これにより、成長抑止層12に種結晶部11aに対応させて開口を形成する。開口を形成する際には、構成の欄でも説明したように、成長抑止層12が種結晶部11aに沿って根元を覆う立ち上がり部分を残すようにすることが好ましい。なお、このエッチングでは、フォトレジスト膜33も一部除去されて厚さが薄くなるので、フォトレジスト膜33の厚さはエッチングされる分を含めて十分な厚さとすることが好ましい。そののち、フォトレジスト膜33を除去する。

【0040】フォトレジスト膜33を除去したのち、図5(B)に示したように、例えば、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法により種結晶部11aを基礎としてn型Ga_{0.5}In_{0.5}Nよりなるバッファ層21を成長させる。このとき、バッファ層21は、種結晶部11aの上面および側壁面から結晶成長し、積層方向に対して垂直な方向にも成長する。一定時間経過すると側壁面から積層方向とは異なる方向に成長した結晶同士が会合し、成長面が実質的に平坦となる。

【0041】これにより、バッファ層21のうち種結晶部11aに対応する領域には貫通転位 M_1 (図2参照) が伝播されるものの、それ以外の横方向成長領域に対応する部分には種結晶部11aからの貫通転位 M_1 が横方向に屈曲するのでほとんど伝播されず、バッファ層21の貫通転位密度が低減される。

【0042】なお、バッファ層21を成長させる際には、成長速度を6 μ m/h以下とすることが好ましい。6 μ m/hよりも速く成長させると、バッファ層21の結晶軸に揺らぎが大きくなると共に、種結晶部11aを基礎として積層方向とは異なる方向に成長した結晶同士が会合し、成長面が平坦になるまでに長時間を要したり、あるいは平坦な成長面が得られないという不具合が生じるからである。また、成長速度を4 μ m/h以下とすればより好ましく、2 μ m/h以上とすれば更に好ましい。4 μ m/h以下とすれば結晶軸の揺らぎがより少なくなり、良好な結晶が得られるが、2 μ m/hよりも小さいと表面が荒れてしまうおそれがあるからである。

【0043】また、ここでは、成長抑止層12が種結晶部11aの根元部分を覆い、種結晶部11aに沿った立

ち上がり部分を有しているもので、横方向成長領域においてバッファ層21が成長抑止層12に接触して欠陥が発生したり、結晶軸に揺らぎが生じてしまうことが防止される。成長抑止層12に立ち上がり部分が設けられない場合には、積層方向とは異なる方向に成長した結晶同士が会合せず、実質的に平坦な面が得られないおそれもある。種結晶部11aからの成長は、積層方向に対して垂直な方向ではなく、それよりも若干成長抑止層12側に進行する場合があるが、成長抑止層12の立ち上がり部分の高さhを10nm以上とすることにより、バッファ層21と成長抑止層12との接触が効果的に防止される。

【0044】バッファ層21を成長させたのち、バッファ層21の上に、例えば、MOCVD法により、n型AlGa_{0.5}N混晶よりなるn型クラッド層22、n型Ga_{0.5}Nよりなるn型ガイド層23、不純物を添加しないundoped-Ga_{0.5}In_{0.5}N混晶よりなる活性層24、p型Ga_{0.5}Nよりなるp型ガイド層25、p型AlGa_{0.5}N混晶よりなるp型クラッド層26およびp型Ga_{0.5}Nよりなるp側コンタクト層27を順次成長させる。

【0045】なお、MOCVDを行う際に、ガリウムの原料ガスとしては例えばトリメチルガリウム ($(CH_3)_3Ga$)、アルミニウムの原料ガスとしては例えばトリメチルアルミニウム ($(CH_3)_3Al$)、インジウムの原料ガスとしては例えばトリメチルインジウム ($(CH_3)_3In$)、窒素の原料ガスとしては例えばアンモニア (NH_3) をそれぞれ用いる。また、ケイ素の原料ガスとしては例えばモノシラン (SiH_4) を用い、マグネシウムの原料ガスとしては例えばビス=シクロペンタジエニルマグネシウム ($(C_5H_5)_2Mg$) を用いる。

【0046】p側コンタクト層27を成長させたのち、図6に示したように、p側コンタクト層27の上に図示しないマスクを形成し、このマスクを利用してp側コンタクト層27およびp型クラッド層26の一部を選択的にエッチングする。これにより、p型クラッド層26の上部およびp側コンタクト層27を細い帯状とし、電流狭窄部を形成する。

【0047】その際、電流狭窄部を種結晶部11aの離間領域に対応して設け、活性層24の電流注入領域をその領域に対応して形成するようにすることが好ましい。また、種結晶部11aの配列方向における中心部に位置する会合部Bには貫通転位 M_2 (図2参照) が存在するので、電流狭窄部を種結晶部11aとその離間領域の配列方向における中心との間の領域に対応して設け、活性層24の電流注入領域をその領域に形成するようにすればより好ましい。

【0048】更に、上述したように、種結晶部11aの活性層24側の境界面における端部Cから ΔL_1 だけ離れ、かつ種結晶部11aの離間領域の配列方向における

中心から ΔL_2 だけ離れた領域内に電流狭窄部、すなわち活性層24の電流注入領域を設けるようにすればより好ましい。また、種結晶部11aの端部C、および種結晶部11aの離間領域の配列方向における中心から、それぞれ $0.93\mu\text{m}$ 以上離れた領域内に電流狭窄部を形成するようにすれば好ましく、種結晶部11aの端部Cから $\Delta L_1 + 0.93(\mu\text{m})$ 以上離れ、かつ種結晶部11aの離間領域の配列方向における中心から $\Delta L_2 + 0.93(\mu\text{m})$ 以上離れた領域内に形成するようにすれば更に好ましい。

【0049】電流狭窄部を形成したのち、p型クラッド層26およびp側コンタクト層27の上に、例えば蒸着法により二酸化ケイ素よりなる絶縁膜13を成膜し、p側コンタクト層27に対応して開口を設け、p側コンタクト層27を表面に露出させる。そののち、基板11の他面側に例えばチタンおよびアルミニウムを順次蒸着し、合金化してn側電極15を形成する。また、p側コンタクト層27の表面およびその近傍に、例えばパラジウム、白金および金を順次蒸着し、p側電極14を形成する。n型電極15およびp側電極14をそれぞれ形成したのち、基板11を所定の大きさに整え、p側コンタクト層27の長さ方向において対向する一対の共振器端面に図示しない反射鏡膜を形成する。これにより、図1に示した半導体レーザが完成する。

【0050】この半導体レーザは次のように作用する。

【0051】この半導体レーザでは、p側電極14とn側電極15との間に所定の電圧が印加されると、活性層24に電流が注入され、電子-正孔再結合により発光が起こる。この光は、図示しない反射鏡膜により反射され、その間を往復しレーザ発振を生じ、レーザビームとして外部に射出される。ここでは、半導体層20が基板11の種結晶部11aを基礎として成長したものであるため、半導体層20の転位密度が低くなっている。特に、横方向成長領域に対応して活性層24の電流注入領域が設けられれば、電流注入領域の転位密度はより低くなる。よって、素子の劣化が起こりにくく、寿命が延長される。

【0052】また、成長抑止層12が半導体層20（主として活性層24）において発生した光を反射または吸収する機能を有するように構成されれば、成長抑止層12により基板11側における光の漏れが防止される。更に、半導体レーザをパッケージなどに収納して用いる場合には、射出されたレーザ光の一部はパッケージ内において反射され、迷光となって半導体レーザに戻ってくるが、成長抑止層12により基板11側から進入する迷光が低減される。よって、ノイズの発生が抑制され、出力変動などの特性が改善される。従って、低出力の半導体レーザについても安定した駆動が確保される。

【0053】このように本実施の形態によれば、基板11に突状の種結晶部11aを設けると共に、種結晶部1

1aに対応して開口を有する成長抑止層12を設け、種結晶部11aを基礎として半導体層20を成長させるようにしたので、半導体層20の転位密度を低減し、結晶性を向上させることができる。よって、電圧の印加による劣化が起こりにくく、半導体レーザの寿命を延長させることができる。また、貫通転位などに起因する非発光再結合の割合を小さくすることができ、発光効率を向上させることができる。

【0054】特に、成長抑止層12に、種結晶部11aに沿って根元を覆う立ち上がり部分を設け、成長抑止層12とバッファ層21との間に間隙を設けるようにしたので、種結晶部11aを基礎としてバッファ層21を成長させる際に、バッファ層21と成長抑止層12とが接触することを防止できる。よって、半導体層20における貫通転位の密度を低くすることができると共に、結晶軸の揺らぎを低減することができる。

【0055】また、成長抑止層12が半導体層20において発生した光を反射または吸収する機能を有するように構成すれば、基板11側から光が漏れるのを防止することができると共に、基板11側から迷光が進入するのを防止することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、出力変動などの特性を改善することができる。従って、低出力の半導体レーザについても安定した駆動を確保することができる。

【0056】更に、横方向成長領域に対応して活性層24の電流注入領域を設けるようにすれば、発光効率をより向上させることができ、種結晶部11aと会合部Bとの間の領域に対応して電流注入領域を設けるようにすれば、発光効率を更に向上させることができる。加えて、種結晶部11aから ΔL_1 以上離れ、かつ会合部Bから ΔL_2 以上離れた領域内に対応して電流注入領域を設けるようにすれば、または、種結晶部11aおよび会合部Bからそれぞれ $0.93\mu\text{m}$ 以上から離れた領域内に対応して電流注入領域を設けるようにすれば、より高い効果を得ることができる。

【0057】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、複数の帯状の種結晶部11aを備える場合について説明したが、素子の大きさによっては最終的に1つしか備えていない場合もある。また、種結晶部の形状は、格子状あるいは島状などでもよい。

【0058】また、上記実施の形態では、種結晶部11aを基板11の{0001}面に設けるようにしたが、他の結晶面に設けるようにしてもよく、種結晶部11aも外1または外2に示した方向に延長させて形成するようにしたが、他の方向に延長させて形成するようにしてもよい。

【0059】更に、上記実施の形態では、サファイアなどよりなる成長用基体の上に成長させることにより形成

した基板11を用いる場合について説明したが、本発明は、他の方法により作製された基板を用いる場合についても同様に適用することができる。

【0060】加えて、上記実施の形態では、マスク層31を除去した後にバッファ層21を形成するようにしたが、種結晶部11aの上のマスク層31を除去せずにバッファ層21を形成するようにしてもよい。これにより、貫通転位 M_1 がマスク層31により遮断され、種結晶部11aからの貫通転位 M_1 の伝播が防止される。よって、バッファ層21には会合に起因する貫通転位 M_2 を除き結晶欠陥がほとんど存在せず、優れた結晶性を有する半導体層20を得ることができる。但し、バッファ層21を成長させる際に、マスク層31の構成材料が不純物としてバッファ層21の中に混入してしまい、半導体レーザの特性を劣化させるおそれもあるので、使用目的などに応じて適宜の製造方法を選択することが好ましい。

【0061】更にまた、上記実施の形態では、半導体レーザの構成について具体的に例を挙げて説明したが、本発明は、他の構造を有する半導体レーザについても同様に適用することができる。例えば、図7に示したように、バッファ層21に代えて、例えばn型Ga_{0.5}Nよりなるn側コンタクト層41を形成し、n側電極15を基板11に対してp側電極14と同一側に設けるようにしてもよい。この場合、基板11は、n型Ga_{0.5}Nにより構成してもよく、不純物を添加しないGa_{0.5}Nにより構成するようにしてもよい。

【0062】また、例えば、n型ガイド層23およびp型ガイド層25を備えていなくてもよく、活性層24とp型ガイド層25との間に劣化防止層を備えていてもよい。更に、上記実施の形態では、利得導波型と屈折率導波型とを組み合わせたリッジ導波型の半導体レーザを例に挙げて説明したが、利得導波型の半導体レーザおよび屈折率導波型の半導体レーザについても同様に適用することができる。

【0063】加えてまた、上記実施の形態では、MOCVD法により半導体層20を成長させるようにしたが、MBE (Molecular Beam Epitaxy; 分子線エピタキシー) 法、ハイドライド気相成長法あるいはハライド気相成長法などの他の気相成長法により形成するようにしてもよい。

【0064】更にまた、上記実施の形態では、半導体素子として半導体レーザを具体例に挙げて説明したが、本発明は、発光ダイオードあるいは電界効果トランジスタなどの他の半導体素子についても適用することができる。

【0065】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項5のいずれか1に記載の半導体レーザまたは請求項6に記載の半導体素子によれば、突状の種結晶部11aを有

すると共に、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を備え、種結晶部を基礎として半導体層を成長させるようにしたので、半導体層の転位密度を低減し、結晶性を向上させることができる。よって、素子の特性を向上させることができるという効果を奏する。

【0066】特に、請求項2記載の半導体レーザによれば、成長抑止層と半導体層との間に間隙を有するようにしたので、半導体層が成長する際に成長抑止層と接触し、転位などが発生してしまうことを防止できる。よって、貫通転位の密度をより低くすることができると共に、結晶軸の揺らぎを低減することができるという効果を奏する。

【0067】また、請求項3記載の半導体レーザによれば、成長抑止層が半導体層において発生した光を反射または吸収する機能を有するようにしたので、基板側から光が漏れるのを防止することができると共に、基板側から迷光が進入するのを防止することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、出力変動などの特性を改善することができる。従って、低出力の半導体レーザについても安定した駆動を確保することができるという効果を奏する。

【0068】更に、請求項4または請求項5に記載の半導体レーザによれば、横方向成長領域に対応して活性層の電流注入領域を設けるようにしたので、また、種結晶部と会合部との間の領域に対応して電流注入領域を設けるようにしたので、発光効率をより向上させることができるという効果を奏する。

【0069】加えて、請求項7ないし請求項9のいずれか1に記載の半導体レーザの製造方法または請求項10に記載の半導体素子の製造方法によれば、基板に突状の種結晶部を形成し、種結晶部に対応して開口を有する成長抑止層を形成したのち、種結晶部を基礎として半導体層を成長させるようにしたので、容易に高い結晶性を有する半導体層を製造することができ、本発明の半導体レーザおよび半導体素子を容易に製造することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る半導体素子である半導体レーザの構成を表す断面図である。

【図2】図1に示した半導体レーザのバッファ層における貫通転位の発生状態を表す模式図である。

【図3】図1に示した半導体レーザの製造工程を表す断面図である。

【図4】図3に続く製造工程を表す断面図である。

【図5】図4に続く製造工程を表す断面図である。

【図6】図5に続く製造工程を表す断面図である。

【図7】図1に示した半導体レーザの変形例を表す断面図である。

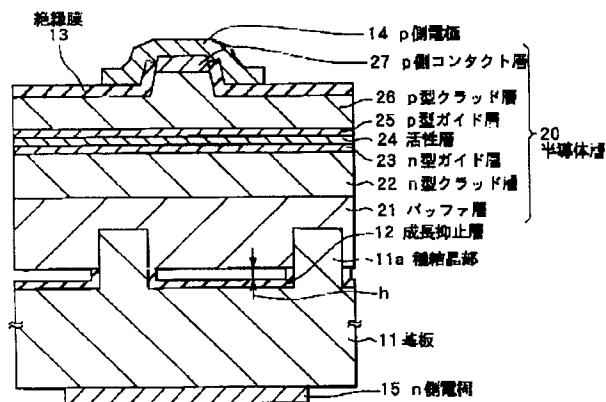
【符号の説明】

11…基板、11a…種結晶部、12…成長抑止層、1

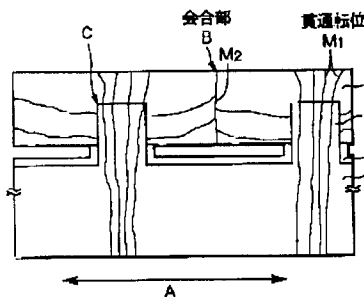
3…絶縁膜、14…p側電極、15…n側電極、20…
半導体層、21…バッファ層、22…n型クラッド層、
23…n型ガイド層、24…活性層、25…p型ガイド

層、26…p型クラッド層、27…p側コンタクト層、
41…n側コンタクト層、B…会合部、C…端部、
 M_1 , M_2 …貫通転位

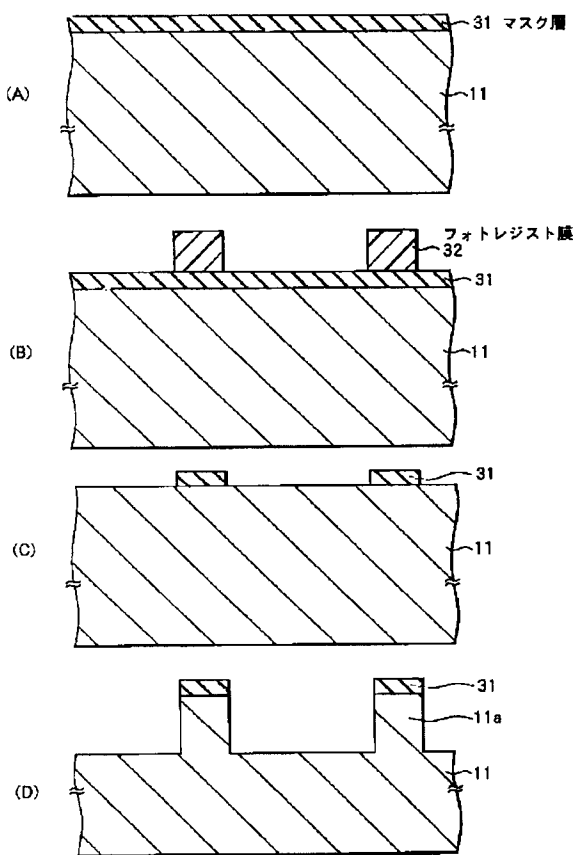
【図1】



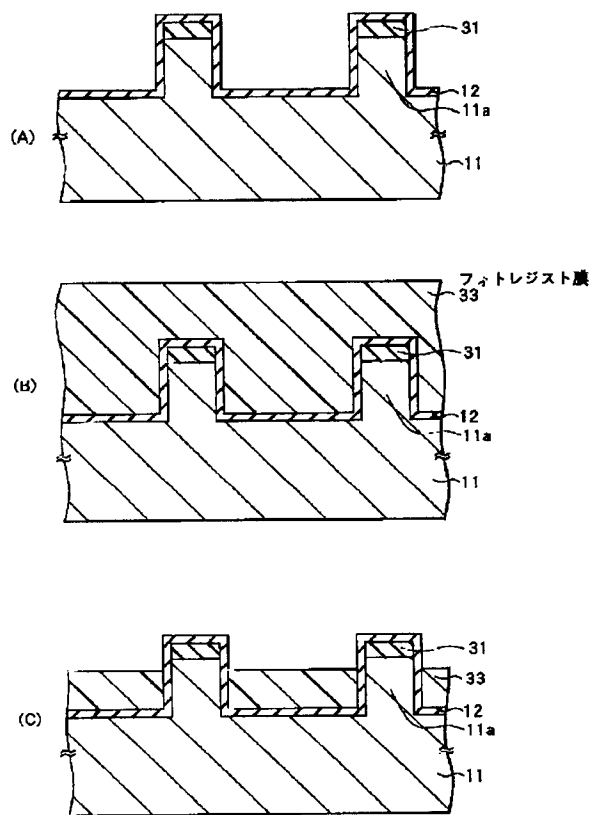
【図2】



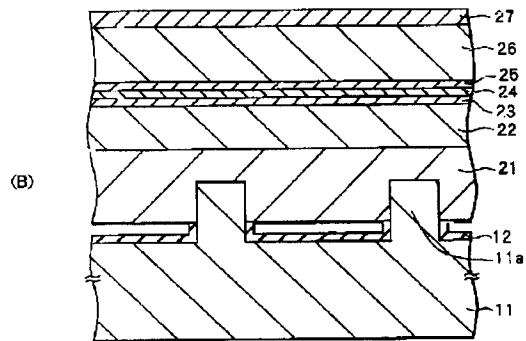
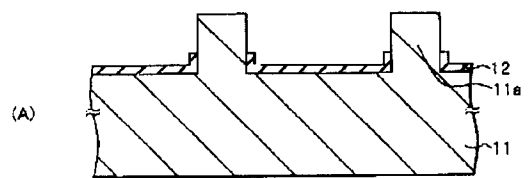
【図3】



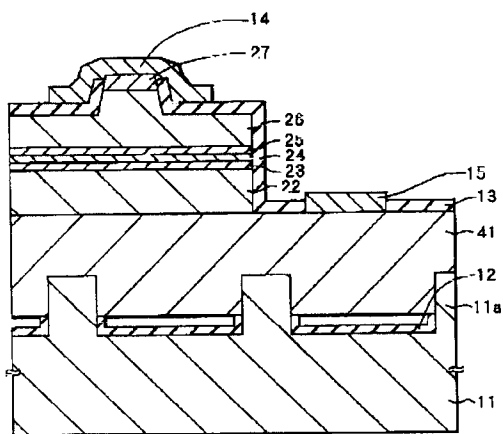
【図4】



【図5】



【図7】



【図6】

